

在来線車輪の振動・騒音解析と低減対策

車両制御技術研究部 動力システム

主任研究員 笹倉 実

1. はじめに

鉄道車両から発生する騒音の主な要因の一つとして、レール・車輪の微小凹凸による加振力から発生する転動騒音や、曲線部を通過する際に発生する、きしり音があり、その低減対策が求められている。車輪から発生する転動騒音の周波数は、1~2kHzが中心であり、きしり音の周波数は、2kHz~16kHzと高い。本発表では、シミュレーションの事例として、車輪板部へ制振鋼板の貼付及び防音カバーを適用した場合の音響パワー予測を紹介する。さらに、耐候性・耐熱性に優れたエチレンプロピレンジエンゴム (EPDM) 吸音材と、制振鋼板を合わせた積層構造の波打車輪用防音カバーの試作と定置加振試験による振動・騒音の低減効果の確認など、在来線車輪を対象にした騒音対策例を紹介する。

2. 制振材貼付による音響

パワー低減対策

図1は、レール防音材としても実績がある制振鋼板 (メタラミネ AZ050) を、貼付面積を変えて板部などに適用した場合の音響パワー低減効果に関するシミュレーションによる検討モデルである。図2のように、音響パワーを比較すると、2.5kHz以下では、ピーク周波数は各CASEともほとんど同じだが、2.5kHz以上の高い周波数ではピーク周

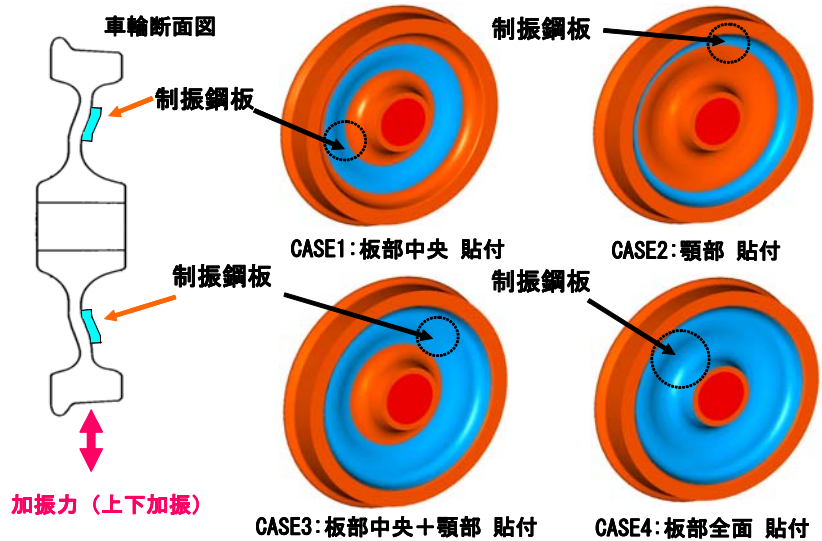


図1 車輪制振材貼付モデル

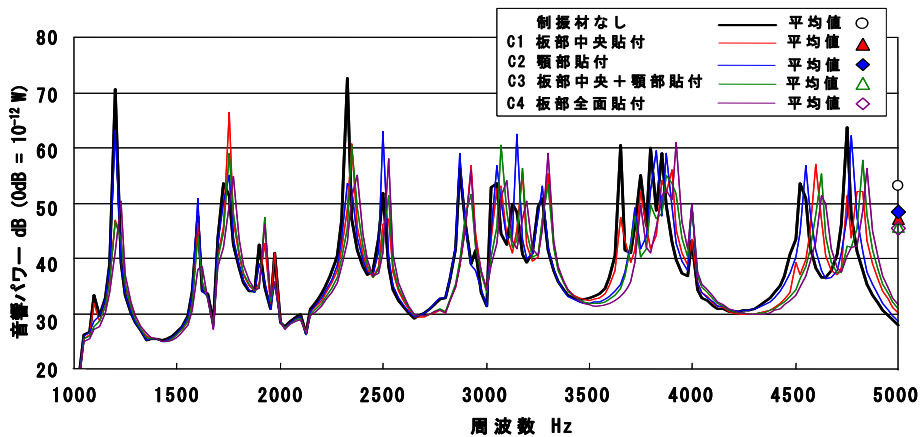


図2 制振材貼付条件による音響パワーの周波数特性 (計算結果)

波数は異なる。制振材なしの場合と、平均値（パワー平均）で比較すると、板部中央のみに貼付した場合（CASE1）は 5.4dB、顎部のみに貼付した場合（CASE2）は、4.6dB 低下する。顎部+板部中央（CASE3）では、7.3dB の低下となり、低減効果は大きい。さらにボス部付近を含めて全面貼付（CASE4）としても 7.6dB の低下となり、CASE3 と差は少なかった。

3. 車輪防音カバーの試作

試作した防音カバーは、車輪板部に拘束層付発泡材を用いた、これまでにない防音構造を持った方式である（図 3）。拘束層は、制振鋼板（メタラミネ AZ050）で、発泡層は耐熱・耐候性に優れるエチレンプロピレンジエンゴム（EPDM）で構成される。試作カバーは、リム部まで拘束層を付けた構造の N01 と、板部のみにカバーを付けた構造の N02 で、走行や強度等を考慮しないで、主に低減効果を加振試験と打撃試験で確認するためのものである。なお、カバー質量は、いずれも約 5kg である。

4. 防音カバーのシミュレーションによる騒音低減予測と定置加振試験

図 4 は、防音カバーの騒音低減効果を計算するシミュレーション（構造音場解析）のモデルであり、波打車輪は、ソリッド要素、防音カバーは、吸音率をもつシェル要素として定義した。車輪踏面加振（1N）で音響パワーを比較すると、走行時¹⁾に顕著である転動騒音の 1250Hz 付近のピークのほか、875Hz 及 1780Hz 付近などにも主要

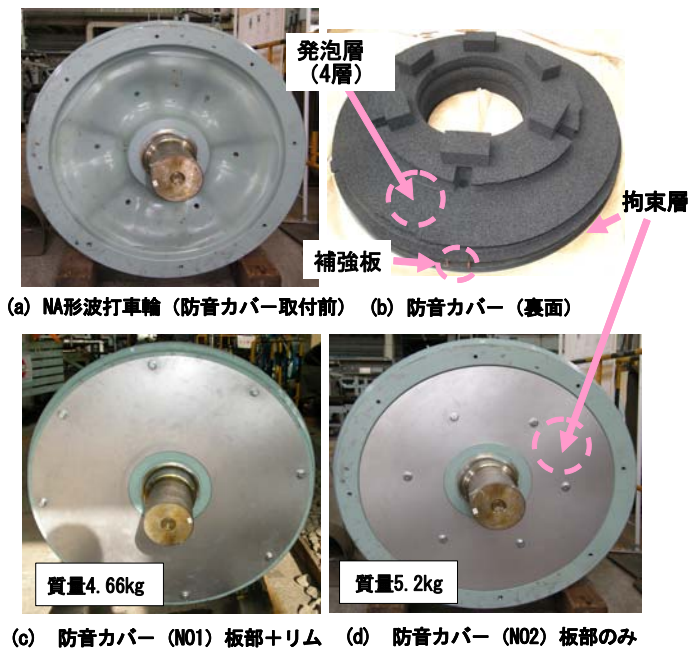


図 3 在来線用車輪試作防音カバー（2種）

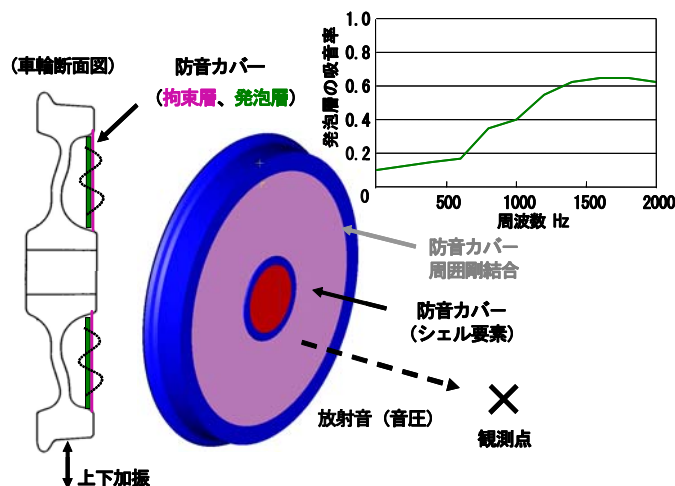


図 4 防音カバー付車輪モデルと発泡層の吸音率

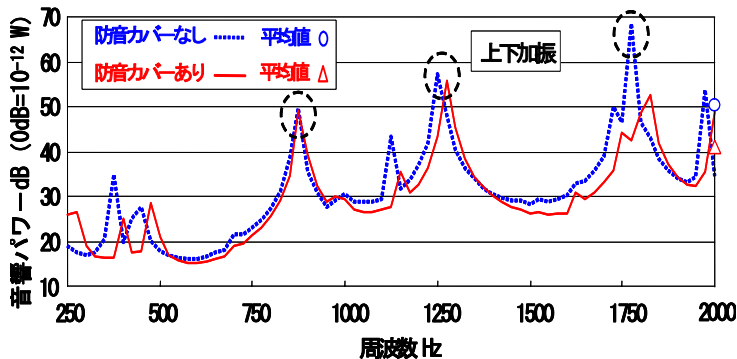


図 5 防音カバーによる NA 形波打車輪の音響パワー変化（計算結果）

なピークが見られるが、防音カバーの付与により、1kHz 以上で低減効果が期待でき、特に 1780Hz は大きく低下する結果となった（図 5）。図 6 は、図 3 の波打車輪に対する定置加振での振動測定（実験モード解析）と、車輪近傍の音圧測定の概要である。防音カバーの有無による振動モードの変化は少ないが（図 7）、防音カバー N01, N02 は、振動周波数応答及び音圧のピークの大きさが、ほぼ全周波数帯で低減しており、車輪振動の抑制と吸音効果により、転動音やきしり音の低減に効果が期待できることがわかった（図 8, 図 9）。

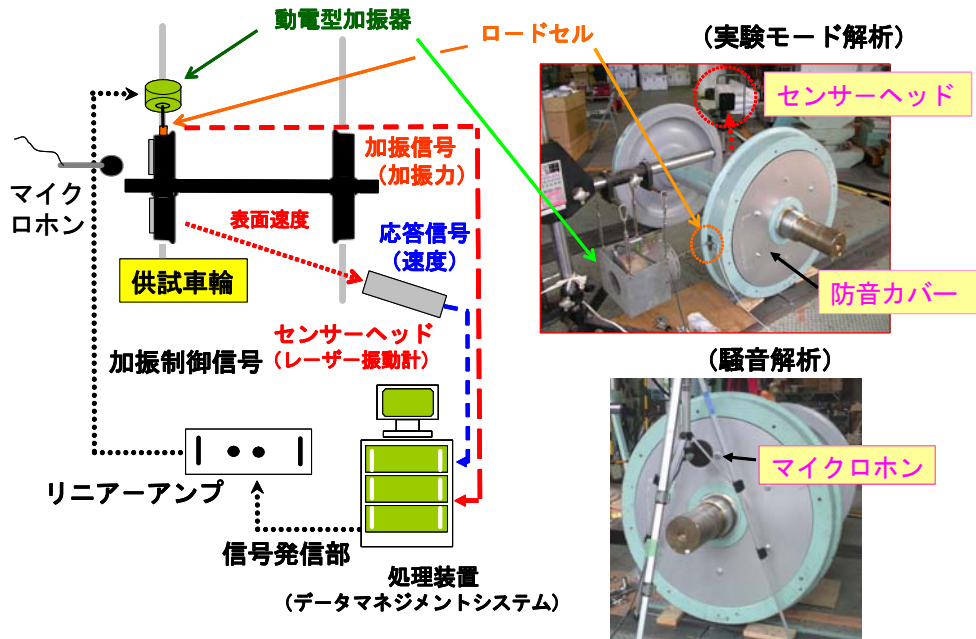


図 6 防音カバー付車輪測定(実験モード解析, 騒音解析)

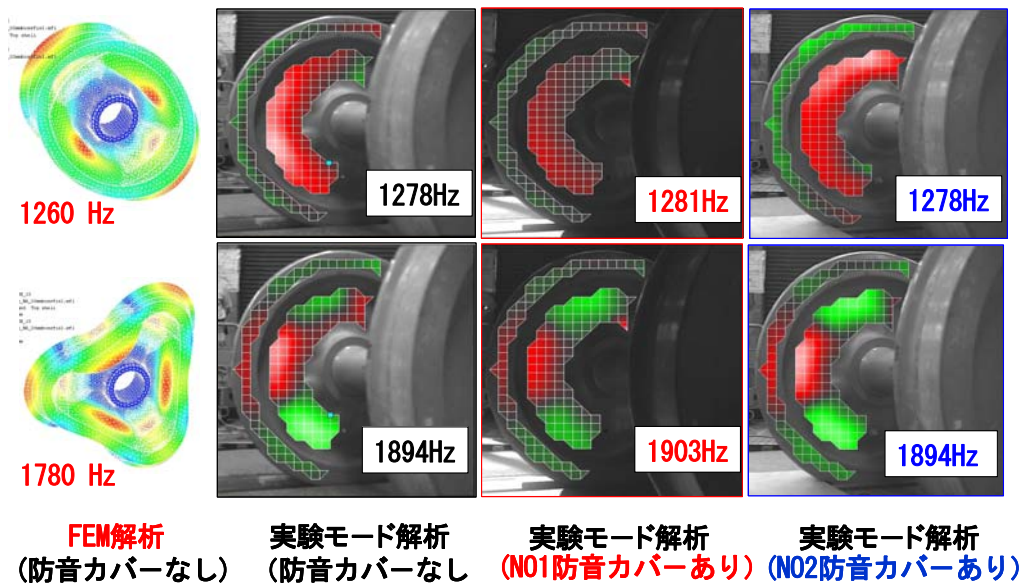


図 7 NA 形波打車輪の主な振動モード

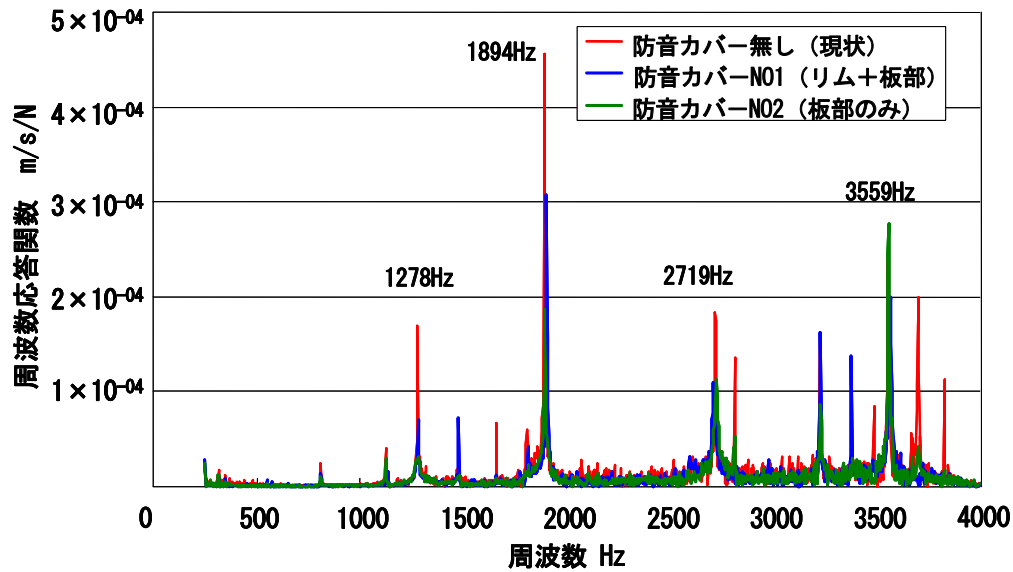


図 8 防音カバーによる NA 形波打車輪の振動低減効果 (測定結果, 板部)

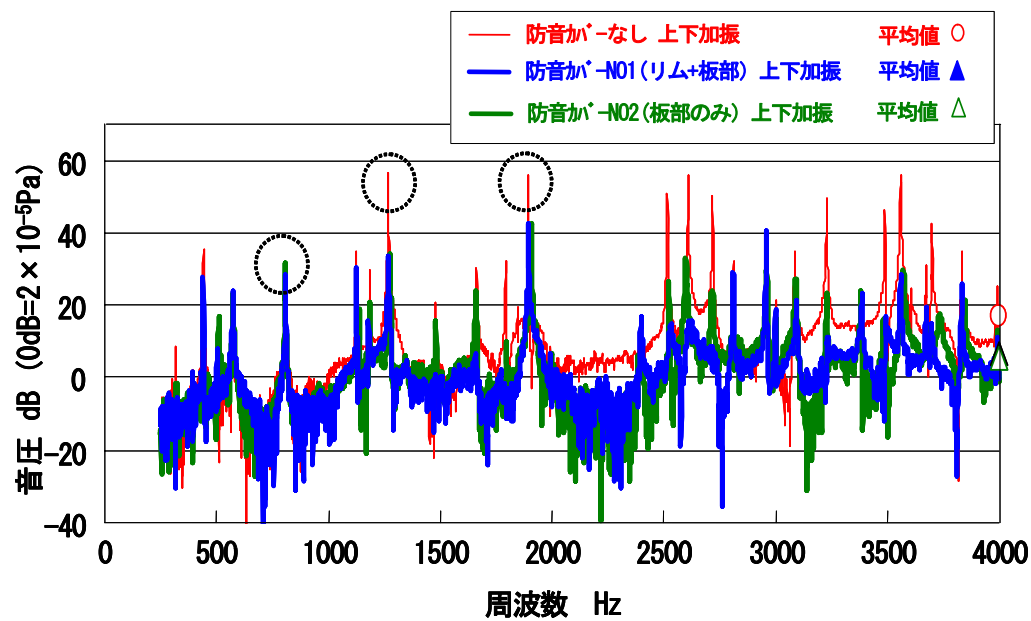


図 9 防音カバーによる NA 形波打車輪の音圧低減効果 (測定結果)

5. まとめ

車輪の各騒音対策に関する低減効果を、解析と実験により確認できた。防音カバーについては、実用化に向けた取付方法及び走行試験を実施する予定である。

参考文献

- 1) 笹倉 実：在来線車輪の振動モード解析と騒音放射特性の解明，第 171 回鉄道総研月例発表会 (2004)